

UNIVERZA V LJUBLJANI  
FAKULTETA ZA RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO

Alen Ajanović

**Sestavljanje seta začetnih kart brez  
neposredne analize podatkov igre  
Hearthstone**

DIPLOMSKO DELO  
UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE STOPNJE  
RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKA

MENTOR: izr. prof. dr. Polona Oblak  
SOMENTOR: izr. prof. dr. Erik Štrumbelj

Ljubljana, 2017



*Besedilo je oblikovano z urejevalnikom besedil  $\text{\LaTeX}$ .*





Fakulteta za računalništvo in informatiko izdaja naslednjo nalogo:

Tematika naloge:

V diplomskem delu izdelajte algoritem, ki izbere začetni kupček tridesetih kart igre Hearthstone. V ta namen najprej zberite podatke o uspešnih kupčkih in analizo uporabite za določanje kriterijev dobrega kupčka. Določite kriterijsko funkcijo posamezne ponujene karte glede na kupček, ki ga sestavljate. Svoj dobljeni kupček primerjajte z obstoječimi algoritmi.



# Kazalo

## Povzetek

<b>1</b>	<b>Uvod</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Opis igre in pravil</b>	<b>5</b>
2.1	Pregled igre . . . . .	5
2.2	Opisi posebnih učinkov kart . . . . .	10
2.3	Opis formatov . . . . .	12
<b>3</b>	<b>Algoritem</b>	<b>15</b>
3.1	Opis problema . . . . .	15
3.2	Opis delovanja oz. rešitve . . . . .	17
3.3	Opis značilk . . . . .	20
3.4	Opis točkovanja z uspešnimi kupčki . . . . .	28
3.5	Opis točkovanja s sinergističnimi značilkami . . . . .	30
3.6	Opis točkovanja z močmi kart . . . . .	32
3.7	Formula za ocenjevanje končne vrednosti karte . . . . .	34
<b>4</b>	<b>Pridobivanje podatkov</b>	<b>37</b>
4.1	Javno dostopne podatkovne baze . . . . .	37
4.2	Pridobivanje s prepoznavo teksta iz fotografije kupčka . . . . .	38
<b>5</b>	<b>Struktura programa in razredov</b>	<b>41</b>
5.1	Splošni pregled . . . . .	41

<b>6</b>	<b>Primerjava delovanja in pomanjkljivosti</b>	<b>47</b>
6.1	Osebni algoritem . . . . .	47
6.2	Naključna izbira . . . . .	48
6.3	Osebna izbira . . . . .	49
6.4	Ostali javno dostopni algoritmi . . . . .	49
<b>7</b>	<b>Rezultati</b>	<b>51</b>
7.1	Ocena kupčkov s pomočjo strojnega učenja . . . . .	51
7.2	Ocena kupčkov z LDA . . . . .	55
7.3	Ocena kupčkov s povprečjem posamezne moči karte . . . . .	56
7.4	Primerjava rezultatov dejanskih iger . . . . .	58
<b>8</b>	<b>Zaključek</b>	<b>61</b>
	<b>Literatura</b>	<b>61</b>

# Seznam uporabljenih kratic

kratica	pomen
---------	-------



# Povzetek

**Naslov:** Sestavljanje seta začetnih kart brez neposredne analize podatkov igre Hearthstone

Izbira čim boljšega kupčka iz setov naključno ponujenih kart je problem, ki se pojavlja pri veliko igrah s kartami. V splošnem je to izbiranje čim bolj ustreznega elementa za že obstoječo množico podobnih elementov. V okviru diplomske naloge smo implementirali rešitev za igro Hearthstone, ki temelji na treh ključnih hevrističnih ocenah za izbiro čim bolj ustreznih kart. Prva hevristična ocena ocenjuje karte glede na že izbrane karte v kupčku na podlagi ujemaajočih opisnih značilk. Druga ocena ocenjuje karte glede na sinergistično ujemanje z ostalimi kartami v kupčku. Tretja ocena ocenjuje karte glede na njihovo posamezno moč. Te ocene so izpeljane iz lastnosti že obstoječih kupčkov ter frekvence pojavitve posamezne karte v uspešnih kupčkih. Za končno oceno posamezne ponujene karte so vse hevristike uteženo seštete. Takšno oceno uporabimo na vsakem od tridesetih korakov izbire kart in tako zgradimo naš končni kupček.

Osebni algoritem se na podlagi ocene povprečne moči kart obnese boljše, kot popolnoma naključna izbira. To potrdi tudi primerjava odigranih iger, kjer smo sledili rezultatom igralca. Iz primerjave statistike odigranih iger ne moremo prispeti do zaključka, da se obstoječi algoritem obnese bolje kot drugi algoritmi ali kot človeška, subjektivna izbira, vendar je povprečno število doseženih zmag visoko nad povprečjem ostalih metod izbire kupčka kart.

**Ključne besede:** Hearthstone, množica, hevristika, set, izbira kart, ocena, kupček.





# Poglavje 1

## Uvod

Igre služijo kot odlična podlaga raziskovanja mnogih računalniških metod zaradi njihovih kompleksnosti, nepredvidljivosti in unikatnih pravil. Ravno zaradi unikatnosti je težko razviti splošne rešitve za običajne probleme. Druga težava, ki nastaja v mnogih igrah, sta časovna in prostorska kompleksnost, ki sta mnogokrat preveliki, zaradi česar ne moremo raziskati celotnega domenskega prostora.

V diplomski nalogi se bomo osredotočili na igro s kartami Hearthstone. Simulacija tovrstne igre je zelo zahtevna, ker ima vsaka karta popolnoma unikatni učinek, obenem pa je zaradi velikega števila (preko 800) kart nemogoče izčrpno preiskati vse kombinacije kupčkov ter izidov posameznih iger.

Igra Hearthstone je igra, ki jo igrata dva igralca, eden proti drugemu. Cilj igre je, da s kombinacijo tridesetih kart, ki jih imamo v kupčku, nasprotniku znižamo življenjske točke iz trideset na nič. V igri obstaja poseben format, kjer si seta kart ne uredimo vnaprej, vendar ga gradimo sproti. To pomeni, da lahko kot igralec izberemo eno izmed treh naključno ponujenih kart. Ta karta se doda v naš kupček. Proces se ponovi tridesetkrat in tako imamo na koncu sestavljen kupček kart. S tem kupčkom se pomerimo proti drugim nasprotnikom, ki so si prav tako kupček sestavili iz naključno ponujenih kart. Sedaj naš cilj postane ta, da zmagamo čim več iger. Celoten format zaključimo, če uspemo zmagati dvanaajstkrat ali pa če v teku Arene izgubimo

trikrat. V primeru, da izgubimo, se kupček zavrže in igra se s tem zaključi. Ob ponovnem vstopu v format izberemo drugačen kupček, kjer se celoten proces ponovi.

V diplomski nalogi smo se osredotočili na prvi del tega formata, izbiranja kupčka kart. To smo storili z analizo posamezne karte in poskusili ugotoviti kakšno vlogo ima v kupčku. Del naloge je bil, da ugotovimo, kako se posamezne karte odražajo v razmerju ena do druge in katera karta je v določeni situaciji boljša. Ob izbiranju smo bili pozorni na to, kako dobra je posamezna karta in kako ustrezna je za naš kupček. Najprej smo izvedli tekstovno analizo opisa karte, kjer smo določili pripadnost (če je karta pošast, urok, orožje, ipd.), nato smo ustvarili algoritem, ki je poskusil trenutni kupček povezati z drugimi, že obstoječimi, glede na različne metrike, ki so opisane v podpoglavju 3.4).

Na spletu je na voljo veliko algoritmov, ki so namenjeni končnim uporabnikom in jim svetujejo katere karte izbirati ob sestavljanju kupčka. Vsak deluje na svoj način, kar pomeni, da obstaja mnogo strategij, ki jih lahko izberemo, če želimo sestaviti kompetitiven kupček, vendar njihovo delovanje ni povsem znano ter snovijo na veliki količini podatkov. Naš algoritem za izbiranje novih kart uporablja že obstoječe kupčke, ki so se izkazali za uspešne v preteklosti ter jih obenem primerja z dosedanjimi že izbranimi kartami, ki so v trenutnem kupčku.

Za testiranje uspešnosti sistema smo najprej beležili rezultate povprečnih zmag s kupčkom kart pred uporabo algoritma in nato še po uporabi. To pomeni, da smo sistem uporabljali med izbiro kart in vedno izbrali tisto karto, ki nam jo je naš algoritem predlagal kot najbolj ustrezno. Obstajajo tudi drugi podobni sistemi, ki nudijo avtomatsko izbiranje kart, zato je bila uspešnost primerjana tudi s temi algoritmi in nato analizirana glede na povprečen uspeh in razlike med njimi.

Glavni izsledki so bili, da algoritem deluje bolje kot naključna izbira in se približuje uspešnosti subjektivnega izbiranja. Algoritem smo primerjali tudi z drugimi algoritmi, vendar za konkretne izsledke nismo uspeli zbrati dovolj

velikega števila podatkov.

Končni cilj je bil, da bi igralec lahko bolje razumel, kako igra deluje in zakaj je določena karta v nekem trenutku boljša. Večji cilj pa je ta, da bi primerjanje in analiza kart izhajala le iz podatkov, ki so dostopne vsakemu igralcu in ne bo za uspešnost potrebovala analize podatkov že obstoječih iger. Algoritem tudi ni simuliral rešitev, zato je celoten uspeh osnovan na podanih metriki in na način, ki je ocenjeval kako podobni so si kupčki kart oz. kako dobra je posamezna karta v nekem trenutku. Tak sistem bi lahko nudil rešitev tudi v drugih igrah, kjer je odločitev nekega kupčka odvisna od naključne izbire kart, kjer na voljo ni dovolj podatkov ali simulacij, iz katerih bi lahko naknadno izračunali uspešnost. Izdelani sistem bi tako omogočal poleg pomoči pri izbiri kupčka tudi razlago, zakaj je tovrsten element v kupčku najbolj primeren.



## Poglavje 2

# Opis igre in pravil

### 2.1 Pregled igre

Igra Hearthstone je digitalna igra s kartami, kjer se dva nasprotnika izmenično pomerita drug proti drugemu s kupčkoma tridesetih kart. Vsak začetni kupček kart je sestavljen iz individualno izbranih kart še preden se igra začne. Oba igralca igro pričeta s tridesetimi življenjskimi točkami. Za zmago moramo nasprotnika z napadi pošasti in igranjem urokov spraviti iz tridesetih življenjskih točk na nič. V primeru, da oba igralca naenkrat izgubita vse svoje življenjske točke, se igra smatra kot izenačena. Vsaka karta potrebuje za igranje t.i. mano (‘‘energijo’’). Igralec prične z eno mano, ki se vsako nadaljnjo potezo poveča za ena, do maksimalno deset. Med nasprotnikovo potezo nimamo interakcije z igro.

Igralec ima nato znotraj aplikacije izbiro igranja v različnih formatih, kjer ima vsak svoja unikatna pravila. Format, ki je obravnavan v tej diplomski nalogi, se imenuje ‘‘Arena’’ in je bolj podrobno opisan v naslednjem poglavju.

Karte, ki jih ima igralec na izbiro, so lahko večih različnih tipov:

- Pošast
- Urok
- Orožje

Pošasti so karte, ki imajo točke napada in življenja. Z izjemo nekaterih kart, pošasti ne morejo napadati isto potezo, kot so priklicane na igralno polje. Igralec ima lahko na svojem polju maksimalno sedem pošasti. Ob priklicu pošasti se igralcu odšteje mana pošasti njegovi skupni mani, kar pomeni, da lahko igralec v peti potezi prikliče katerokoli kombinacijo pošasti, ki porabijo skupno maksimalno pet mane. Igralcu v potezi ni potrebno porabiti vse mane, ki jo ima. Po prvi potezi lahko pošast napade drugo pošast ali nasprotnika. Če pošast napade nasprotnika se njegovim življenjskim točkam odšteje število napadalnih točk pošasti, če pa napade drugo pošast, pošasti poškodujeta druga drugo.



Slika 2.1: Napadalne točke pošasti

Če pošast “Aberrant Berserker” napade pošast “Abomination” iz slike 2.1, bosta imeli obe pošasti po napadu eno življenjsko točko. V primeru, da se pošasti napadeta še enkrat in so njune življenjske točke nič ali manj, se obe izničita in odstranita z igralnega polja. To pomeni, da so napadi simetrični in ne glede na to, katera pošast napade katero, je končni izid enak.

Uroki so karte, ki imajo običajno le učinek, ki vpliva na stanje igre.



Slika 2.2: Urok “fireball”

Urok “Fireball” je karta, ki potrebuje štiri mane in nam omogoča, da si lahko izberemo poljubno tarčo (nasprotnika, sebe ali katerokoli pošast) in ji povzročimo šest življenjskih točk škode. Ko karto igramo, se izniči in odstrani iz igre.

Orožja so karte, ki omogočijo napad z našim herojem, ki ga igramo. V igri obstaja devet različnih herojev, kjer ima vsak nabor svojih unikatnih kart. Ob igranju karte se le-ta odstrani iz igre, na polju pa ostane orožje, s katerim lahko napademo.



Slika 2.3: Orožje "Fiery War Axe"

Za igranje karte s Slike 2.3 potrebujemo dve mani. Karta se nato odstrani iz igre, orožje pa prične uporabljati naš heroj. Heroj tako dobi moč neposredno napasti katerokoli nasprotnikovo pošast ali nasprotnikovega heroja. Orožje ima dve vrednosti, napad in vzdržljivost. Napadalne točke nam povejo, koliko življenjskih točk odštejemo naši tarči, vzdržljivost pa nam pove, kolikokrat lahko napademo. Orožje lahko uporabimo le enkrat v naši potezi. Če je vzdržljivost orožja nič, se orožje izniči in odstrani iz igre. Če napademo nasprotnikovega heroja, se njegovim življenjskim točkam odštejejo napadalne točke našega orožja. Ko napademo pošast, pošast napade tudi nas (ker so napadi simetrični), kar pomeni, da se naše življenjske točke odštejejo za toliko, kolikor ima pošast napada. To pomeni, da lahko igro izgubimo, če napademo pošast, ki ima več napada, kot pa imamo mi življenja.



Igra se prične z izbiro prvega igralca. Ker ima prvi igralec prednost, dobi drugi igralec posebno karto imenovano “The Coin” ter eno dodatno karto na začetku igre. Tako prvi igralec prične igro s štirimi kartami, drugi igralec pa s petimi ter z dodatno karto “The Coin”.



Slika 2.4: Karta “The Coin”

“The Coin” podari igralcu eno dodatno mano za trenutno potezo, kar pomeni, da lahko igra karto, ki je običajno na tisti potezi ne bi morel igrati. Vsako potezo igralec iz svojega kupčka kart povleče še eno karto. Če kart v kupčku zmanjka, se igralcu najprej odšteje ena življenjska točka, nato dve, tri, itd., dokler nekdo ne izgubi vseh življenjskih točk. Vsak heroj ima na voljo tudi t.i. herojsko moč (hero power), ki ima drugačen učinek glede na to, katerega heroja igramo. Ta je na voljo enkrat na potezo in potrebujemo dve mani, če jo želimo uporabiti.



Slika 2.5: Igralno polje igre Hearthstone

## 2.2 Opisi posebnih učinkov kart

Karte imajo lahko posebne učinke, ki zaobidejo prej opisana pravila. To poglavje se posveti vsem posebnim učinkom, ki so pomembne pri osebem algoritmu ter pri izbiri igranja ustrezne karte v potezi.

- Battlecry - Učinek opisan na karti se sproži, ko karto igramo in pošast priključimo na polje.
- Charge - Pošast, ki ima ta učinek lahko napade isto potezo, kot je priključena na polje.
- Choose one - Karta nam ponudi na voljo dve odločitvi, izberemo lahko le enega izmed učinkov (npr. pošast "Ancient of War": Choose one: +5 Attack; or +5 Health and Taunt.).
- Combo - Učinek karte se sproži, če igramo katerokoli karto pred to.
- Deathrattle - Učinek pošasti se sproži, ko le-ta umre oz. se odstrani iz igre.

- Discover - Na voljo dobimo tri naključne karte, izberemo lahko eno in jo obdržimo do konca igre oz. dokler je ne uporabimo.
- Divine shield - Pošast, ki je napadena in ima ta učinek ne prejme nobene škode oz. ob prvem napadu ne pride do zmanjšanja življenjskih točk.
- Enrage - Ta učinek se sproži, če je pošast poškodovana (nima polnega življenja).
- Immune - Pošasti ali heroja, ki je imun, ne moremo napasti ali uporabiti uroka.
- Inspire - Učinek karte se sproži, ko uporabimo našo herojsko moč.
- Joust - Iz našega in nasprotnikovega kupčka se začasno pokažeta dve pošasti. V primeru, da ima naša pošast striktno več napada kot nasprotnikova, se efekt karte sproži, v nasprotnem primeru se ne.
- Overload - Naslednjo potezo imamo  $x$  manj mane, kjer je  $x$  število napisano na posamezni karti.
- Secret - Poseben tip uroka, ki je pripet na našega heroja in se lahko sproži le v nasprotnikovi potezi, če so pogoji na tej karti doseženi (npr. "Mirror Entity": Secret: After your opponent plays a minion, summon a copy of it.).
- Silence - Odstranimo kakršnokoli izboljšanje ali učinek, ki je pripet na karto (vključno z vsemi učinki, ki so naštetih tukaj).
- Spell Damage - Vsak urok, ki povzroči škodo bo povzročil  $x$  več škode, kjer je  $x$  število, ki je napisano na posamezni karti.
- Stealth - Če ima pošast ta učinek, je nihče ne more izbrati kot tarčo napada ali uroka.
- Taunt - Pošast, ki ima ta učinek mora biti napadena prvo (ne moremo izbrati poljubne tarče). V primeru, da je pošasti s tem učinkom več, lahko izberemo katerokoli karto, ki ima "Taunt".
- Windfury - Pošast, ki ima ta učinek lahko napade dvakrat na potezo (pravilo, da pošasti ne napadejo isto potezo, kot so priklicane še vedno velja.).

## 2.3 Opis formatov

### 2.3.1 Kompetitivni format

V kompetitivnem formatu se lahko igralci pomerijo drug proti drugemu z izbranimi kupčki kart. Vsak igralec ima svojo zbirko, ki jo lahko dopolnjuje s tem, da kupuje t.i. pokce kart (card pack), kjer pridobi pet naključnih kart. Vsaka karta ima dodeljeno redkost, ki je lahko le ena izmed “Common”, “Rare”, “Epic” ali “Legend”. To pomeni, da obstajajo karte, ki so le tipa “Common” in karte, ki so tipa “Legend”. Redkosti so naštet v naraščajočem vrstnem redu od najbolj do najmanj pogoste. Igralec nato sestavi svoj kupček iz kart, ki jih ima na voljo oz. jih je zbral v igranju igre Hearthstone. Karte redkosti “Legend” se lahko v kupčku pojavijo le enkrat, medtem ko se ostale lahko pojavijo največ dvakrat. To pomeni, da posamezne kopije karte ne moremo uporabiti v kupčku, če sta v kupčku že dve kopiji enake karte. Kupček mora imeti trideset kart in ko je sestavljen, se lahko z njim pomerimo proti drugim igralcem.

### 2.3.2 Arena

Diplomska naloga se osredotoča zgolj na ta format. V tem formatu naša zbirka kart ne vpliva na kupček, vendar se le-ta sestavlja dinamično in naključno. Ob izbiri tega formata si najprej izberemo enega izmed treh naključno izbranih herojev. Skupno je herojev devet, zato na voljo nimamo popolnoma vseh. Ob izbiri heroja se prične izbira našega kupčka. Na voljo dobimo tri popolnoma naključne karte in primorani smo izbrati eno izmed njih. Ta postopek se ponovi tridesetkrat in tako dobimo naš kupček kart s katerim igramo proti drugim nasprotnikom. Tudi tu imajo karte redkost in vse tri naključne karte, ki so nam ponujene na izbiro so iz enake kategorije. Prva, deseta, dvajseta in trideseta izbira je zagotovljeno vsaj iz kategorije “Rare”, lahko je pa tudi “Epic” ali “Legend”, vendar ne “Common”. Ko kupček sestavimo, se nato pomerimo proti drugim igralcem, ki so izbrali svoj

kupček po enakih pravilih kot mi. Naš cilj je pridobiti dvanajst zmag, nakar se arena zaključi. Arene je tudi konec, če skupno izgubimo trikrat. Ko je arene konec (ko zmagamo dvanajstkrat ali izgubimo trikrat), se kupček zavrže in lahko pričnemo novo areno.

Diplomska naloga se osredotoča predvsem na izbiranje čim boljšega kupčka kart iz naključne izbire, zato se pogostokrat sklicuje na to poglavje.



# Poglavje 3

## Algoritem

### 3.1 Opis problema

Cilj algoritma je iz zbirke devetdesetih naključnih kart izbrati trideset najboljših. Zbirke devetdesetih kart so nam ponujene v skupini treh enako redkih kart in algoritem se mora na vsakem koraku odločiti, katera izmed treh je najbolj primerna karta za naš dosedanji kupček. Tu ne gre le za problem izbiranja najboljše oz. najmočnejše karte, vendar se moč posameznih kart spremeni glede na ostale karte, ki jih že imamo v kupčku. Druga ovira je ta, da kart ne vidimo vnaprej, torej ne vemo, katere karte nam bodo ponujene v naslednjih izbirah.

Na sliki 3.1 je prikazana prva izbira treh naključnih kart. Ob izbiri ene izmed teh se nam le-ta doda v kupček in na voljo dobimo tri nove naključne karte. Postopek se ponovi tridesetkrat, nakar se sestavljanje kupčka zaključi.

Moč kart je odvisna od veliko različnih lastnosti. V izbiranju kupčka je potrebno upoštevati število različnih tipov kart, ki jih imamo, koliko mane potrebujemo za igranje karte, katera karta je trenutno najbolj učinkovita glede na heroja, ki ga igramo, ... . Kvaliteta kart se lahko spremeni tudi glede na zunanje faktorje, npr. kateri razred je trenutno najbolj pogost. Nekaterne karte so boljše proti določenim razredom, zato moč takšnih kart naraste, če je najbolj verjetno, da bo ta heroj naš nasprotnik v igrah, ki jih



Slika 3.1: Prva izbira treh naključnih kart v formatu igre Arena

bomo igrali.

V primeru izbire treh kart, ki so si na videz enakovredne (npr. tri pošasti z enako mano) je preprosto pretehtati, katera izmed njih je najboljša izbira. Vzamemo lahko tisto, ki ima največ življenjskih in napadalnih točk. Težava se prične že takoj, ko pričnemo upoštevati različne mane. V kupčku, kjer nimamo nobene pošasti, ki potrebuje dve mani, postanejo le-te dosti bolj pomembne, ker je za tok igre pomembno, da lahko vsako potezo čim bolj optimalno porabimo svojo mano.

Izbira se nadalje zaplete, ker ima vsaka karta svoj unikaten učinek, ki ga je včasih nemogoče številčno ovrednotiti (kot npr. življenjske oz. napadalne točke) in ko imamo na izbiro tri karte, ki si niso enake le po tipu (pošast, urok ali orožje), vendar so si različne tudi v mani in učinku postane izbira skrajno zapletena. Zaradi različnih stilov igranja to pomeni tudi, da ni vedno optimalne izbire in so nekatere izbire subjektivne glede na posameznika. Ker igra pridobi nov set kart približno vsake štiri mesece to pomeni, da kom-



pleksnost večno narašča z novimi učinki in različnimi kartami, katerih ne moremo oceniti številčno.

## 3.2 Opis delovanja oz. rešitve

Za rešitev zgoraj opisanih problemov smo ustvarili algoritem, ki temelji na treh ključnih faktorjih:

- Ocena z značilkami in uspešnimi kupčki
- Ocena s sinergističnimi značilkami
- Ocena moči posamezne karte

Za čim bolj uspešno delovanje algoritma je bilo potrebno izvedeti, kaj točno naredi določen kupček dober ali slab. V ustvarjanju algoritma smo upoštevali tri predpostavke:

- Posamezen kupček kart je dober, če je podoben drugim dobrim kupčkom (podpoglavje 3.4)
- Posamezen kupček kart je dober, če karte dobro delujejo skupaj (so sinergistične, podpoglavje 3.5)
- Posamezen kupček kart je dober, če vsebuje dobre karte (podpoglavje 3.6)

Prvi korak, ki je bil potreben, je bil ta, da smo pridobili dobre kupčke. Dober kupček je bil po naši definiciji tisti, ki je dosegel vseh dvanajst zmag (maksimalno število možnih zmag v areni). Ker je povprečje zmag v Areni le tri, so kupčki z dvanajstimi zmag razmeroma redki. Dejstvo, da je povprečno število zmag le tri, izvira iz dejstva, da za vsako zmago obstaja tudi poraz. Ob treh porazih se Arena zaključi, kar pomeni, da bo povprečno število zmag v Areni tri. Tu bi lahko vključili tudi ostale dobre rezultate, vendar je bilo pridobivanje teh podatkov težavno. Več informacij o tem je zapisanih v poglavju “Pridobivanje podatkov”.

Zaradi razmeroma majhnega nabora kupčkov (le okoli petsto) ni bilo mogoče analizirati posameznih kombinacij kart. Idealno bi imeli na izbiro veliko število kupčkov, kjer bi lahko potem izvedeli, katere karte točno delujejo skupaj, vendar smo bili zaradi prevelikega števila kombinacij primorani kupčke nekako posplošiti. Glavna ideja je bila, da bi vsako karto opisalo s posplošenimi značilkami, kjer bi vsaka značilka predstavila nek aspekt posamezne karte. To pomeni, da bi lahko kupčke nato opisali z vektorjem, ki bi imel približno štirideset komponent, kjer bi nam vsaka predstavljala, koliko posameznih kart s posamezno značilko imamo v našem kupčku. Najbolj preproste značilke so “pošast”, “urok” ali “orožje”, ki preprosto povejo koliko pošasti, urokov ali orožij je v našem trenutnem kupčku. Različnih stilov igranja je veliko, kar privede do tega, da za analizo posameznega razreda potrebujemo več različnih kupčkov, ki te stile igranja predstavljajo.

Glasovanje s kupčki nato poteka tako, da si izberemo čim več kupčkov, nato pa vsakemu posameznemu kupčku določimo njegov vektor značilk oz. vektor, ki nam pove, koliko kart s posameznimi značilkami je v našem kupčku. Temu bi lahko rekli tudi kumulativen vektor značilk, ki opiše stanje našega kupčka. Ob izbiri karte nato vsak kupček uteženo glasuje za vse karte glede na to koliko značilk se ujema s kumulativnim vektorjem značilk. Če izbiramo med tremi kartami, ki se zaporedoma ujemajo v treh, štirih in dveh značilkah kupčka, bodo končne cene kart normalizirane. Pri tem bo karta, ki ima štiri ujemaajoče značilke prejela največ glasov. Za karte glasuje vsak uspešen kupček (z dvanajstimi zmagami), ki ga imamo v naboru in ko dobimo kumulativno oceno, izberemo karto, ki ima največjo oceno. S tem sklepamo, da izbiramo karto, ki bo zapolnila največ vlog v našem kupčku. Ko izberemo karto, te značilke odštejemo vsem vektorjem kumulativnih značilk (to pomeni, da če smo izbrali pošast, znižamo števec potrebnih pošasti za ena vsem kupčkom). To slej kot prej privede do tega, da ne bomo izbirali le pošasti, vendar bomo slej kot prej primorani izbirati tudi uroke. V drugih besedah, sistem se glede na naše izbire dinamično odloča, katera karta je najbolj primerna oz. katere karte še potrebujemo. Bolj natančen opis s primeri

je v poglavju 3.4.

Drugi aspekt, ki je pomemben so t.i. sinergistične značilke. Tako kot ima vsaka karta značilke, so določene tudi značilke, ki se ujemajo oz. ki prinesejo določenim kartam neko dodatno vrednost. Če imamo urok, ki povzroči pet življenjskih točk škode nasprotniku in ga opišemo z značilko “damage-spell”, ter imamo karto, ki poveča škodo življenjskih točk, ki jo povzročimo z urokom, in to karto opišemo z značilko “spelldamage”, bi lahko rekli, da sta ti dve značilki sinergistični, ker objektivno pozitivno vplivata druga na drugo. V osebнем algoritmu smo upoštevali le takšne sinergistične značilke, ki so neposredno opisane na kartah. Obstajajo tudi značilke, ki bi jih lahko ugotovili implicitno, vendar je določevanje teh subjektivno, zato jih nismo implementirali.

Za izbiro nove karte se ovrednoti tudi, koliko značilk je sinergističnih. To pomeni, da za vsako izmed treh kart, ki jih dobimo na izbiro, preverimo, koliko značilk, ki jih ta karta ima, je sinergističnih z značilkami kart, ki so že v kupčku. Ker so sinergistične značilke simetrične sledi, da moramo preveriti vse množice značilk kart iz kupčka s kartami, ki jih imamo na izbiro ter pregledati vse značilke kart, ki jih imamo na izbiro z vsemi značilkami kart iz kupčka. Preverjanje in ocenjevanje sinergij je v prvi izbiri ovrednoteno kot nič, saj ob prvi izbiri nimamo kart v kupčku s katerimi bi lahko imeli kakršnekoli sinergistične značilke.

Zadnji element izbiranja je t.i. posamezna moč karte. Ker v začetnih izbirah ne moremo dobro oceniti sinergij ali vrednosti kart v našem kupčku (ker še nimamo dovolj kart) je potrebno uvesti novo oceno, ki ocenjuje karte na posamezni ravni. Več kot imamo kart v kupčku, bolj lahko utežimo prej opisani metodi. Posamezna moč karte se meri glede na frekvenco pojavitve v uspešnih kupčkih kart. To pomeni, da bolj pogosto, kot se določena karta pojavi, močnejša je. Ker so nekatere karte bolj pogoste kot druge, je potrebno te utežiti z inverzno frekvenco pojavitve, da dobimo reprezentativen vzorec. Oceno pogostosti nato še normaliziramo tako, da ima najboljša posamezna karta oceno ena, ki jo nato uporabljamo v nadaljnjih izbirah.

Za skupno oceno (končno izbiro) se te tri ocene uteženo seštejejo (podpodglavje 3.7). Oceni za sinergijo ter ustreznost kupčka imata večjo težo glede na število izbranih kart. Po več izbranih kartah to pomeni, da imata ti dve oceni večjo težo, medtem ko ima ocena moči kart manjšo težo. To pomeni, da na začetku izbiramo zgolj karte, ki so učinkovite brez ostalih kart, šele ko imamo dovolj kart, jih pričnemo izbirati tako, da delujejo čim bolje skupaj (so sinergistične). Ocena z uspešnimi kupčki nas prisili v izbiro takšnih kart, ki jih naš kupček potrebuje. Na začetku imamo na izbiro še dovolj kart, vendar ko pričnemo prihajati v kasnejše faze izbiranja, bo glasovanje s kupčki podalo prednost tistim kartam, ki manjkajo za sestavljanje uspešnega kupčka. To pomeni, da če izberemo že dvajset pošasti in imamo v našem kupčku reprezentativnih kupčkov kupčke, ki imajo približno deset urokov, bo ocena s kupčki pričela poudarjati uroke. Skupna ocena tako poskusi poiskati ravnotežje med posamezno močjo, sinergijo ter potrebnosti karte za sestavo uspešnega kupčka.

## 3.3 Opis značilk

### 3.3.1 Značilke

Značilke so uporabljene za poenostavljen opis kart. Vsaka značilka opiše eno splošno lastnost, tako se katerakoli karta lahko opiše kot množica teh značilk. V algoritmu je to uporabljeno predvsem v fazi izbiranja s pomočjo uspešnih kupčkov, saj se tako lahko vsak kupče predstavi kot seštevek frekvence pojavitve posamezne značilke glede na kupček kart, ki jih vsebuje.

Slika 3.2 prikazuje karto, ki ima tri značilke. Te so “2cost”, “enrage”, “minion”. Vsaka značilka opiše en aspekt karte. Značilka “minion” sporoča, da gre za karto, ki je pošast. Značilka “2cost” označuje, da se ta pošast običajno igra v drugi potezi. Zadnja značilka “enrage” opisuje učinek, ki ga ta karta ima. V tem primeru ta učinek pomeni, da ko ima pošast manj življenjskih točk kot tri, vendar še vedno več kot nič (torej je živa, vendar poškodovana) prejme tri napadalne točke. Z značilkami se ognemo specifičnim učinkom



Slika 3.2: Karta Amani Berserker

kart, ker ima vsaka karta popolnoma unikatnega, vendar še vedno opišemo bistvo z množico le-teh, ki nato predstavijo karto glede na to, kakšno vlogo ima v kupčku.

Večina značilk je bila določenih neposredno iz opisov kart, kjer smo izbirali takšne značilke, ki so se pojavile najbolj pogosto. To pomeni, da obstajajo značilke, ki so na kartah, vendar se pojavijo le nekajkrat in so za analizo neprimerne.

Tako smo izbrali naslednjih 44 značilk:

- **ncost** - Ta značilka opisuje, da gre za pošast, ki jo običajno igramo na  $n$ -ti potezi. Ta značilka se posamezni pošasti doda, če je njeno skupno število točk napada in življenja večje kot mana, ki jo potrebujemo za igranje te karte.
- **ping** - Ta značilka opisuje, da gre za karto, ki ima sposobnost drugi katerikoli karti povzročiti ena ali dve točki škode.
- **taunt** - Ta značilka opisuje, da ima karta v njenem opisu ključno besedo "Taunt".
- **removal** - Ta značilka opisuje, da gre za karto, ki je namenjena odstra-

njevanju pošasti. Ta značilka se doda kateremukoli orožju in kartam, ki imajo v opisu “Destroy”, “Transform” ali kartam, ki imajo v opisu “Deal x damage to a minion”.

- **aoe** - Kratica aoe stoji za “Area of effect” in tako primerno opisuje, da gre za karto, ki lahko povzroči škodo večim nasprotnikovim pošastim.
- **enrage** - Ta značilka opisuje, da gre za karto, ki ima v opisu učinka ključno besedo “enrage”. Karta, ki je poškodovana, a ne odstranjena iz igre, prejme učinek, ki je v njenem opisu. (Primer: Enrage: +3 attack. Ta karta dobi tri napadalne točke, ko je poškodovana).
- **draw** - Ta značilka opisuje, da gre za karto, ki ima zmožnost vleči dodatne karte iz našega kupčka kart.
- **reach** - Ta značilka opisuje, da gre za karto, ki je namenjena neposrednemu povzročanju škode življenjskim točkam našega nasprotnika. Ta značilka se doda vsaki karti, ki ima v opisu učinka stavek “deal x damage” in ko lahko označimo nasprotnika neposredno.
- **heal** - Ta značilka opisuje, da gre za karto, ki lahko obnovi življenjske točke drugih pošasti ali našega heroja.
- **buff** - Ta značilka opisuje, da gre za karto, ki lahko poveča življenjske ali napadalne točke drugim pošastim.
- **debuff** - Ta značilka opisuje, da gre za karto, ki lahko zmanjša življenjske ali napadalne točke drugim pošastim.
- **spell** - Ta značilka opisuje, da gre za karto, ki je tipa “urok”.
- **damagespell** - Ta značilka opisuje, da gre za karto, ki je tipa “urok” in povzroči nekaj življenjskih točk škode.
- **silence** - Ta značilka opisuje, da gre za karto, ki ima v opisu učinka ključno besedo “Silence”. Ta učinek odstrani kakršnekoli spremembe na karti, bodisi spremembe na življenjskih ali napadalnih točkah, bodisi spremembe v samem opisu karte.
- **minion** - Ta značilka opisuje, da gre za karto, ki je tipa “pošast”.
- **weapon** - Ta značilka opisuje, da gre za karto, ki je tipa “orožje”.
- **mech** - Ta značilka opisuje, da gre za karto, ki ima v opisu ključno besedo “mech” in pripada družini “mech” kart.
- **beast** - Ta značilka opisuje, da gre za karto, ki ima v opisu ključno besedo “beast” in pripada družini “beast” kart.

- **murloc** - Ta značilka opisuje, da gre za karto, ki ima v opisu ključno besedo “murloc” in pripada družini “murloc” kart.
- **dragon** - Ta značilka opisuje, da gre za karto, ki ima v opisu ključno besedo “dragon” in pripada družini “dragon” kart.
- **pirate** - Ta značilka opisuje, da gre za karto, ki ima v opisu ključno besedo “pirate” in pripada družini “pirate” kart.
- **demon** - Ta značilka opisuje, da gre za karto, ki ima v opisu ključno besedo “demon” in pripada družini “demon” kart.
- **totem** - Ta značilka opisuje, da gre za karto, ki ima v opisu ključno besedo “totem” in pripada družini “totem” kart.
- **secret** - Ta značilka opisuje, da gre za karto, ki ima v opisu ključno besedo “Secret”. Takšne karte se običajno sprožijo ob dejanju nasprotnika med njegovo potezo.
- **noattack** - Ta značilka opisuje, da gre za pošast, ki ni zmožna napasti drugih pošasti ali heroja.
- **weaponbuff** - Ta značilka opisuje, da gre za karto, ki poveča učinkovitost kartam tipa “orožje”.
- **herobuff** - Ta značilka opisuje, da gre za karto, ki poveča življenjske ali napadalne točke našemu heroju.
- **minionbuff** - Ta značilka opisuje, da gre za karto, ki poveča učinkovitost kartam tipa “pošast”.
- **spelledamage** - Ta značilka opisuje, da karta poveča škodo, ki jo povzročajo uroki. Karti se ta značilka dodeli, če ima v opisu ključni besedi “Spell damage”.
- **divineshield** - Ta značilka opisuje, da ima karta zmožnost razveljavitve enega napada nasprotnikove pošasti ali heroja. Karti se dodeli ta značilka, če ima v opisu učinka ključni besedi “Divine shield”.
- **deathrattle** - Ta značilka opisuje, da ima pošast poseben učinek, ki se sproži le, ko ta pošast umre. Karti se doda ta značilka le, če ima v opisu učinka ključno besedo “Deathrattle”.

### 3.3.2 Sinergistične značilke

Sinergistične značilke označujejo katere značilke uspešno delujejo skupaj. Sistem sinergističnih značilk se uporablja za primerjanje sinergij med kartami. Omogočajo nam, da nam ni potrebno primerjati vsake posamezne karte, vendar lahko primerjamo le njihove vloge v kupčku. Če se ti dve ujemata oz. sta sinergistični, je karta smatrana kot bolj primerna za naš kupček.



Slika 3.3: Primer dveh sinergističnih kart

Karti na sliki 3.3 sta smatrani kot sinergistični, ker karta "Street Trickster" poveča škodo, ki jo povzročajo uroki. To pomeni, da ko igramo karto "Fireball" in imamo karto "Street Trickster" na igralnem polju, bo povzročila sedem škode naši tarči namesto običajnih šest. V tem primeru sta sinergistični značilki "spelledamage" ter "damagespell". Sinergije so običajno simetrične, vendar ne nujno vedno, kar pomeni, da če se določena značilka ujema z drugo, se običajno druga značilka ujema s prvo.

Sinergije je težko določiti, ker so učinki kart zelo unikatni, zato smo v tej verziji algoritma implementirali le tiste, ki v opisu kažejo pozitiven učinek v



kombinaciji s kakšno drugo karto. To pomeni, da so vse sinergistične značilke izpeljane iz dejanskih učinkov kart. Nekatere sinergije so bolj kompleksne (npr. obstajajo karte, ki so boljše glede nato, koliko pošasti imamo na igralnem polju, v tem primeru bi lahko namreč prešteli koliko pošasti imamo, ki stanejo manj kot dve mani in več kot jih je, bolj bi lahko smatrali takšno karto kot sinergistično z našim kupčkom), vendar so te sinergije običajno težko določljive in nimajo objektivne podlage nad katerimi bi jih lahko števno ocenili.

- **Skupine** - Poleg glavnih skupin kart, imajo lahko pošasti še sekundarne skupine, katerim pripadajo. Te skupine so Mech, Beast, Murloc, Dragon, Pirate, Demon ali Totem. Podskupine same po sebi nimajo unikatnih lastnosti, vendar pa obstajajo karte, ki vplivajo le na določene podskupine.



Slika 3.4: Primer karte “Houndmaster”, ki vpliva le na podskupino “Beast”

Karta “Houndmaster” na sliki 3.4 v tem primeru lahko poveča napadalne in življenjske točke le pošastim podskupine “Beast”. Tako bi se

tej karti dodala sinergistična značilka “Beast”, kar pomeni, da ta karta dobro deluje s pošastmi v tej podskupini. V splošnem se sinergistična značilka posamezne podskupine doda le, če je v opisu učinka karte ta podskupina tudi omenjena.

- **Uroki, orožja, pošasti in skrivnosti** - Podobno kot s podskupinami pošasti obstajajo karte, ki vplivajo le na enega od glavnih tipov kart. V tem primeru se sinergistična značilka doda le, če ima karta v opisu učinka omenjeno enega od glavnih tipov.



Slika 3.5: Primer karte “Archmage Antonidas”, ki ima sinergistični učinek z uroki

Karta “Archmage Antonidas” ima v opisu učinka omenjeno besedo “spell”, kar je potreben pogoj, da se tej karti doda sinergistična značilka z istim imenom. To zopet pomeni, da ta karta deluje bolj uspešno, če imamo v kupčku veliko urokov.

- **spelldamage ↔ damagespell** Poleg zgoraj opisanih sinergij, ki so bolj splošne, algoritem lahko določi sinergistične značilke tudi glede na

pare značilke. Najbolj enostavna povezava je med značilkama “spell damage” in “damage spell”. Če je v igri karta, ki ima v opisu učinka ključni besedi “spell damage” bo vsak urok, ki povzroči škodo povzročil več škode. V drugih besedah bodo uroki, ki odštejejo življenjske točke bolj učinkoviti. To pomeni, da če imamo v kupčku karto z značilko “spelldamage” bo nova ponujena karta z značilko “damagespell” prejela višje število točk in enako velja za obratni primer, kjer imamo v kupčku karto z značilko “damagespell” in imamo ponujeno novo karto, ki ima značilko “spelldamage”.

- **silence** ↔ **noattack** V igri obstaja nekaj pošasti, ki ne morejo izvršiti napada. Običajno so take karte v kupčku neuporabne, če nimamo v kupčku drugih kart, ki jim napad omogočijo.



Slika 3.6: Primer karte “Ancient Watcher”, ki ne more izvršiti napada

To torej pomeni, da je taka karta lahko v kupčku uspešna le, če imamo drugo karto, ki ima značilko “Silence”. Ta značilka onemogoči kakršnekoli spremembe oz. izbriše opis učinka, kar neposredno pomeni, da lahko

karta, kot je “Ancient Watcher”, izvrši napad. Značilka, ki opisuje nezmožnost napada je “noattack” in je sinergistična z značilko “silence”.

- **ping**  $\leftrightarrow$  **enrage** Karte, ki imajo značilko oz. ključno besedo “enrage” prejmejo dodaten učinek (povišane napadalne oz. življenjske točke, novo zmožnost, ...), če so poškodovane, a niso mrtve. Karte pridobijo značilko “ping”, če so zmožne povzročiti ena ali dve življenjski točki škode. To pomeni, da če imamo v kupčku karte, ki so zmožne poškodovati druge pošasti, so le te sinergistične s kartami tipa “enrage”, ker lahko ta dodaten učinek sprožimo, brez, da bi tako pošast odstranili iz igre.

### 3.4 Opis točkovanja z uspešnimi kupčki

Prvotna ideja osebnega algoritma je bila, da bi poskusili karte izbirati na podlagi analize iger ter ostalih uspešnih kupčkov. Ker se je izkazalo, da tovrstnih podatkov ni zelo veliko, smo vsak kupček posplošili na vektor opisnih značilk, ki predstavi, kaj točno ta kupček vsebuje.

Za točkovanje z uspešnimi kupčki imamo najprej ustvarjeno bazo  $n$ -tih uspešnih kupčkov za vsak posamezen razred oz. heroja. Pomembno je, da kupčke ločimo po herojih, ker ima vsak heroj unikaten način igranja, zato bodo opisni vektorji drugačni. Ker želimo vedno izbrati karto, ki je najbolj potrebna za naš kupček, se moramo torej osredotočiti le na tiste, ki pašejo v isto skupino. Enostaven primer tega je, da razred “Mage” temelji na veliko urokih, medtem ko razred “Warlock” temelji bolj na pošastih. Če izbiramo karte za prvi razred bodo torej bolj potrebni uroki, kot pa katerikoli drug tip karte.

Ko imamo sestavljeno našo bazo uspešnih kupčkov (ki so dosegli dvanajst zmag), za vsakega izmed njih sestavimo 44-dimenzionalni vektor vseh značilk, ki lahko opisujejo karte. Vsaka komponenta vektorja predstavlja, koliko kart v našem kupčku ima tovrstno značilko.



Slika 3.7: Kupček treh kart (Wisp, Fireball, Amani Berserker)

Primer nekaj dimenzij vektorja, ki opisuje kupček treh kart (Wisp, Fireball, Amani Berserker):

0cost	1cost	2cost	...	enrage	spell	minion	weapon	...
1	0	1	...	1	1	2	0	...

Ob izbiri treh novih kart za vsako ocenimo njene značilke in pogledamo s katerim kupčkom ima največ enakih značilk. V bazi imamo nekaj uspešnih kupčkov (v našem primeru za vsak razred deset), ki so dosegli visoko število zmag. Vsak kupček ima svoj vektor značilk, ki predstavlja, koliko posameznih kart je vsebovanih v njem. Vsak izmed  $n$ -tih kupčkov "glasuje" za karto glede na to, koliko značilk je enakih. To pomeni, da če se vektorja kupčka in posamezne karte ujemata v treh značilkah, bo ta karta prejela tri točke. Ko za karte glasujejo vsi kupčki se proces zaključi. Ob primernem uteženju z metodama, opisanimi v podpoglavjih 3.5 ter 3.6 se izbere karta, ki je prejela najvišje število točk. Vsem kupčkom v bazi podatkov se odšteje vektor značilk končno izbrane karte. To pomeni, da če izberemo pošast, ki ima značilke "minion", "2drop", se vsem kupčkom odšteje 1 na ustrezni komponenti kumulativnega vektorja. Posamezne vrednosti komponent lahko padejo pod nič, vendar se ne upoštevajo ob nadaljnji izbiri. To pomeni, da ko štejemo ujemanje značilk in je posamezna komponenta ni pozitivna, se le-ta

	1. karta	2. karta	3. karta
Skupne ocene	50	25	10
Normalizirane ocene	1	0.5	0.20

Tabela 3.1: Primer ocen za karte slike 3.7 po metodi izbiranja z uspešnimi kupčki

ne bo upoštevala in ne bo podelila glasovalne točke za to specifično komponento. Na koncu se točke normalizirajo in tako  $i$ -ta karta prejme oceno  $\frac{n_i}{\max_j \{n_j\}}$ . Primer normaliziranja je v tabeli 3.1.

Ta normalizirana ocena je ena izmed treh ocen, ki vpliva na skupno oceno za vsako posamezno karto in temelji na tem, kako potrebna je posamezna karta v našem kupčku.

### 3.5 Opis točkovanja s sinergističnimi značilkami

Ko skušamo izbrati novo karto, ni pomembno le, da je karta pomembna za naš kupček, vendar tudi to, da se ujema z ostalimi kartami, ki jih že imamo v našem kupčku kart. V drugih besedah, mogoče je, da sta v našem kupčku kart potrebni dve karti, vendar ima ena od teh pozitivno sinergijo z ostalimi kartami, ki jih že imamo v kupčku. Za take primere potrebujemo sistem, ki bo znal ločiti in vsaj približno oceniti kako dobro nova karta deluje v že obstoječem kupčku.

Za primer vzemimo kupček kart, ki vsebuje deset urokov “Fireball”, kjer vsaka potrebuje 4 mane za igranje. Kot naša enajsta izbira imamo na voljo karte prikazane na sliki 3.8:

Na voljo sta dve pošasti ter en urok z različnimi značilkami. V tem konkretnem primeru je karta “Demented Frostcaller” za naš kupček v smislu mane neprimerna, ker imamo v kupčku že deset kart, ki imajo enako število mane. Vendar ob pregledu drugih možnosti opazimo, da nobena izmed njih nima pozitivnega učinka s kartami, ki smo jih že izbrali.





Slika 3.8: Izbira treh kart (Am'gam Rager, Arcane Blast, Demented Frostcaller)

Bolj specifično ima karta “Demented Frostcaller” edina sinergistično značilko “spell”. V našem kupčku imamo deset kart, ki imajo značilke “spell”, “damagespell” ter “reach” (vseh deset kart je v tem primeru enakih). Ko ocenjujemo sinergistične značilke, algoritem preveri, če v kupčku obstajajo značilke, ki so v naši izbiri imenovane kot sinergistične značilke. V drugih besedah, ker ima karta “Demented Frostcaller” sinergistično značilko “spell” in ker imamo v kupčku značilke “spell” to pomeni, da ima ta karta neko sinergistično vrednost z našimi že izbranimi kartami.

Karta “Am'gam Rager” po temu principu nima nikakršnih sinergističnih značilk, medtem ko ima karta “Arcane Blast” sinergistično značilko “spell-damage”, ki pa je v tem kupčku ni.

Algoritem oceni koliko sinergističnih značilk se ujema z značilkami v kupčku, v tem primeru bi številke izgledale tako, kot so prikazane na tabeli 3.2.

Končne ocene tega postopka se normalizirajo s formulo  $\frac{n_i}{\max_j \{n_j\}}$ .

Tako je torej po meri sinergističnih značilk karta “Demented Frostcaller” najprimernejša, ker imamo v kupčku na voljo veliko urokov.

	1. karta	2. karta	3. karta
Skupne ocene	0	0	10
Normalizirane ocene	0	0	1

Tabela 3.2: Primer ocen za karte slike 3.8 po metodi sinergističnih značilk

### 3.6 Opis točkovanja z močmi kart

Sedaj ima naš algoritem moč izbrati karte, ki vsebinsko ustrezajo izbranemu kupčku kart, vendar ne zna oceniti, katera karta je boljša od druge. Potreba po meri moči se pokaže že s prvo izbiro, ker na tej točki nimamo izbranih kart, ne moremo oceniti potrebe posamezne karte, niti sinergističnih vrednosti, ker jih ne moremo primerjati z ničemer.

Problem izbire kart se pojavi tudi v veliko primerih, kjer smo primorani izbrati karto, kjer imajo vse izbire sinergistično vrednost.

Kot primer izberimo zopet kupček desetih urokov imena “Fireball” in kot enajsto izbiro karte na sliki 3.9.



Slika 3.9: Izbira treh kart (Dalaran Aspirant, Archmage, Arcane Anomaly)

V tem primeru imajo vse tri karte sinergistično značilko “spell”, nekatere celo še dodatno “damagespell”, kar pomeni, da so vse tri ustrezne iz sinergističnega vidika in bi prejele približno enako oceno. Tudi ocena uspešnih



	1. karta	2. karta	3. karta
Skupne ocene	46	45	48
Normalizirane ocene	0,958	0,9375	1

Tabela 3.3: Primer ocen za karte slike 3.9 po metodi moči kart

kupčkov ne da zadovoljivega rezultata, ker v tem primeru potrebujemo karte s šest in z eno mano, torej moramo za ločitev uporabiti mero, ki zna oceniti karte na posamezni ravni.

Za ocene moči v algoritmu smo zbrali čim več uspešnih kupčkov kart (takšnih z dvanajstgl zmagami) in prešteli kolikokrat se določena karta v njih pojavi. Večja, kot je ta številka, močnejša je karta. Karte so različnih redkosti, kar pomeni, da se nekateri tipi kart pojavijo bolj pogosto kot drugi, zato je bilo treba te še utežiti ustrezno glede na frekvenco njihove pojavitve.

V igri so štiri redkosti “common”, “rare”, “epic” ter “legendary”. Pojavijo se s približno frekvenco 0,8, 0,14, 0,05 ter 0,01, torej so končne ocene utežene z obratno vrednostjo frekvence vsake posamezne karte glede na to v katero skupino redkosti spada.

Izkazalo se je, da se je naš nabor kupčkov izkazal za neuporabnega (več o tem v podpoglavju 4.1), predvsem zaradi nezanesljivega vira, zato smo za končno oceno moči uporabili javne sezname, ki razvrstijo karte glede na posamezno moč.<sup>1,2</sup>

Za zgornji primer bi ocene normalizirali glede na največjo. Karta z višjo oceno je močnejša. Ocene pred normiranjem izvirajo iz javnih seznamov, ki so bile določene po frekvenci pojavitve v uspešnih kupčki. Ocena 100 v takšnem seznamu pomeni, da je ta karta boljša od karte z oceno 50.

### 3.7 Formula za ocenjevanje končne vrednosti karte

Za končno izbiro karte so tako pomembne vse tri ocene (podpoglavja 3.4, 3.5, 3.6), ker vsaka izmed njih ocenjuje drugačen element kupčka. Končni cilj je ocene združiti tako, da so smiselno utežene glede na to, koliko sinergij imamo, katero zaporedno število izbire je ter katere karte izbiramo.

Končna formula, ki oceni vse tri karte, in izbere najbolj ustrezno je:

$$\frac{40-n}{40}O_m + \frac{n+1}{29}O_u + \frac{n+1}{60}O_s$$

, kjer je

$n$  - število zaporedne izbire (npr.  $n = 3$ , če izbiramo tretjo zaporedno karto)

$O_m$  - ocena karte glede na oceno moči

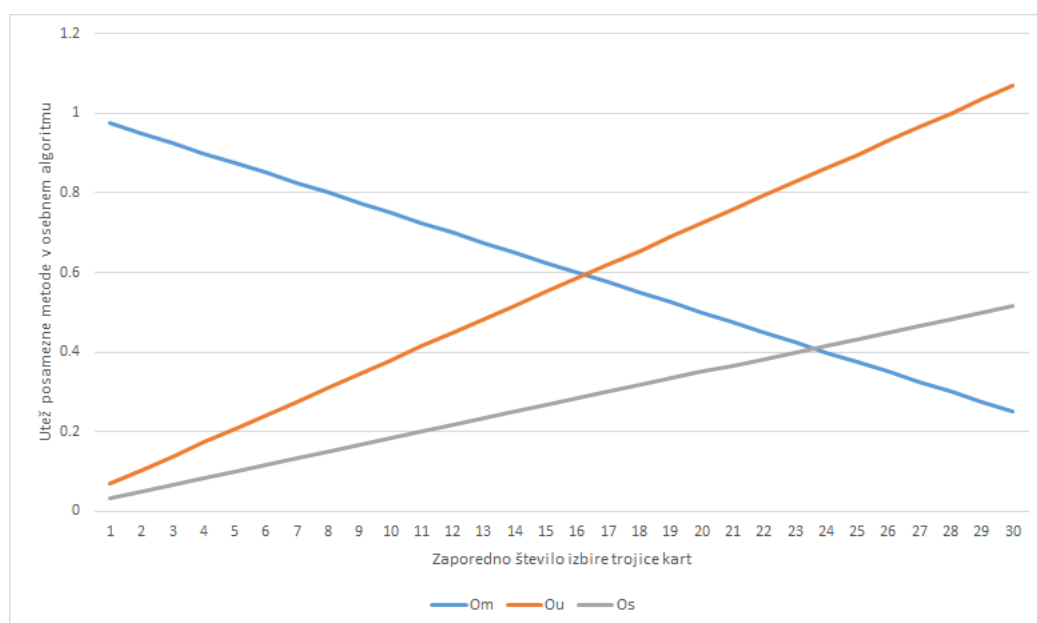
$O_u$  - ocena karte glede na oceno z najboljšimi kupčki

$O_s$  - ocena karte glede na oceno sinergističnih značilk

Zgornja formula se izračuna na vseh treh posameznih kartah ter se izbere tista, ki ima največjo vrednost. Ta se doda v naš trenutni kupček kart, iz baze uspešnih kupčkov odštejemo izbrane attribute in postopek se ponovi, dokler ne pridemo do konca procesa izbiranja in sestavimo naš končni kupček.

Uteži izvirajo iz števila kart v kupčku. Utež za oceno moči smo eksperimentalno nastavili na 40, ker želimo, da bo imela doprinos tudi pri zadnji izbiri. Utež 60 pri oceni sinergističnih značilk izvira iz tega, da ne želimo, da imajo sinergistične značilke prevelik vpliv na končno oceno. To pomeni, da potrebujemo za primerljivo oceno dvakrat več sinergističnih značilk (ker je utež 60 namesto 30).

### 3.7. FORMULA ZA OCENJEVANJE KONČNE VREDNOSTI KARTE<sup>35</sup>



Slika 3.10: Graf razmerja med utežmi  $O_m$ ,  $O_u$  ter  $O_s$  glede na zaporedno število izbire



## Poglavje 4

# Pridobivanje podatkov

### 4.1 Javno dostopne podatkovne baze

Čeprav algoritem temelji na tem, da za delovanje ne potrebuje velike količine podatkov dejanskih iger in kakršnekoli analize, za predpripravo in ustrezno delovanje še vedno potrebujemo kupčke, ki so se odrezali uspešno. Kupčki se uporabljajo kot del algoritma za dodeljevanje ocene po metodi najboljših kupčkov ter za oceno posameznih moči kart.

Podjetje in založnik igre Blizzard je v odgovoru na zahtevo podatkov trdil, da v igri nimajo nikakršne strukture za pridobivanje podatkov neposredno iz klienta, zato smo podatke morali poiskati v javnih bazah, ki so dostopne na spletu. Drugi del podatkov je prišel iz osebnih iger, kjer so se kupčki izkazali za uspešne.

Največji delež podatkov je prišel iz spletne strani Hearthpwn.<sup>3</sup> Za množično pridobivanje kupčkov smo spisali svoj program, ki se je povezal na stran in iz te pridobil podatke o kupčkih. Pri tem smo uporabili knjižnico `htmlparser`.<sup>4</sup>

Drug, manjšinski del podatkov je prišel neposredno iz osebnih iger, ki smo jih zajeli s programom `Hearthstone Deck Tracker`.<sup>5</sup>

Ob poskusu integracije vseh podatkov z algoritmom smo ugotovili, da so podatki nezanesljivi ter nepopolni. Večina podatkov v tem primeru je bila objavljenih subjektivno, kar pomeni, da je bilo v podatkih veliko kupčkov,

ki so bili nemogoči oz. nereprezentativni. Za vsak razred smo ročno filtrirali deset kupčkov, ki so imele pričakovano porazdelitev kart, vendar pa 90 kupčkov ni bilo dovolj za oceno moči. V igri obstaja nekaj preko 800 kart, kar pomeni, da bi za reprezentativen vzorec frekvence potrebovali mnogo več uspešnih kupčkov, kot pa smo jih imeli.

Oceno moči smo sicer najprej poskusili s trenutnimi podatki, vendar se je izkazalo, da je bilo v množici veliko kart, ki se niso v igrah pojavili, kar pomeni, da so bile te točke neuporabne, vendar še bolj pomembno, nereprezentativne glede na dejansko moč te karte. Za oceno moči smo se tako zopet zatekli na javne strani, ki ponujajo sezname urejenih kart po posamezni moči glede na različne faktorje, kjer je glavni faktor frekvenca pojavitve posamezne karte v uspešnih kupčkih.<sup>1,2</sup>

## 4.2 Pridobivanje s prepoznavo teksta iz fotografije kupčka

Ker tekstovnih podatkov ni bilo veliko, smo želeli kupčke pridobivati tudi na drugačne načine. Na spletnih forumih se pogostokrat zgodi, da igralci svoje uspešne kupčke objavijo v slikovnem formatu (slika 4.1).

Takšne fotografije so zelo primerne, ker vsebujejo tudi dokazilo, da gre za dejanski kupček, ki je dosegel visoko število zmag, torej ne potrebujemo dodatnega preverjanja za ustreznost kupčkov. Tekst iz fotografije smo preizkusili zaznati s programom FreeOCR,<sup>6</sup> ki služi kot program za optično prepoznavanje znakov iz slike. Ideja je bila, da bi podoben algoritem lahko prepoznal ves tekst na fotografiji in bi z malo poprocesiranja lahko izluščil podatke o kupčku. To se je izkazalo za precej neuspešno, zgolj zaradi velikega nabora znakov, neangleških besed ter stilizirane pisave. Aplikacija je napačno prepoznala več kot 99% znakov. Glavni razlog, da smo nad metodo obupali, je bil ta, da vse slike ne vsebujejo polnih kupčkov tridesetih kart. Karte so v aplikaciji urejene po mani, kar pomeni, da končni vzorec ne bi vseboval tistih in posledično zopet nimamo celovitih podatkov.



Slika 4.1: Primer fotografije, ko igralec doseže dvanaajst zmag





## Poglavje 5

# Struktura programa in razredov

### 5.1 Splošni pregled

Končna aplikacija je sestavljena iz treh glavnih razredov, ki služijo kot algoritem za izbiranje in ocenjevanje posameznih kart ter za simulacijo procesa izbire v igri arena. Vsak razred implementira tudi pomožne razrede in metode, ki služijo za lažjo uporabo aplikacije in za lažje spreminjanje kode ob potrebnih spremembah. Ob zagonu aplikacije si uporabnik najprej izbere enega od devetih herojev, ki ga bo igral. Ob vnosu imena heroja si lahko nato izbere metodo delovanja. Za potrebe testiranja in analiziranja podpira program tri metode:

- Naključna generacija kart (simulacija ponujanja kart)
- Prebiranje iz datoteke (v primeru, da želimo testirati le določene izbire)
- Ročna simulacija (primerno, ko želimo trojice kart vnašati eno za drugim, ko si sestavljamo svoj kupček kart - trojice kart vnesemo ročno)

Ob izbiri ustrezne metode delovanja imamo nato še možnost izbiranja ocenjevanje kart, tu so zopet možne tri metode:

- Osebni algoritem

	common	rare	epic	legendary
1., 10., 20., 30 izbira	80%	14%	5%	1%
Vse ostale izbire	0	85%	13%	2%

Tabela 5.1: Frekvenca pojavitev posameznih redkosti glede na izbiro

- Izbiranje le na podlagi moči posamezne karte
- Naključna izbira

Na primer, če želi igralec pomoč algoritma ob izbiranju kart, bi izbral ročno simulacijo ter možnost, ki implementira osebni algoritem.

Razredi, ki omogočajo to delovanje so:

- **ArenaSimulator** - Razred, ki implementira simulacije izbire. Trenutno podpira tri glavne:
  - `loadRandomSimulation()` - Ta metoda najprej preveri katerega heroja (oz. razred) smo izbrali. Nato tridesetkrat generira trojice kart, ki sledijo pravilom igre. Ta pravila so, da so prve, desete, dvajsete in tridesete izbire vsaj karte tipa “rare” ali bolj redke. Ostale karte generira glede na naslednjo tabelo verjetnosti. Te verjetnosti odražajo približno verjetnost, da bomo prejeli te tipe kart. V dejanski igri so nekatere karte bolj pogoste, vendar so točne verjetnosti neznane in zato v tej naključni simulaciji niso implementirane. Pomembno paje, da ko izberemo redkost po zgornji tabeli, nato generiramo tri karte iz iste skupine. To pomeni, da če izberemo “epic”, bodo vse karte iz naše trojice tipa “epic”.
  - `loadHandSimulation()` - Ta metoda le sporoči glavnemu programu, da gre za ročno simulacijo. Ta metoda načeloma generira celotno izbiro kart vnaprej (torej trideset trojic kart), vendar mora v primeru ročne simulacije sproti dodajati karte v kupček in podajati ocene uporabniku aplikacije, zato metoda v tej aplikaciji služi le kot opozorilo, da gre za tovrstno simulacijo.

- `loadActualSimulation()` - Ta metoda implementira branje iz datoteke z Java knjižnico `BufferedReader`, kjer podamo datoteko, ki vsebuje trideset trojic kart, vsaka v svoji vrsti, ločene s podpičjem. Nato metoda te trojice prebere in jih shrani v tabelo na pomnilnik računalnika.
- **ArenaDecks** - Ta razred implementira izbiranje s pomočjo uspešnih setov. Vsebuje dve glavni metode:
  - `fillDecks()` - Metoda implementira branje iz datoteke, kjer so shranjeni uspešni kupčki kart. Karte so shranjeno zaporedno, metoda jih po trideset (omejitev igre) skupaj dodaja v interno podatkovno strukturo “deck”. Ob vsaki novi karti v setu se posodobi tudi skupno število atributov v tem kupčku (kumulativni vektor značilk). Ta vektor značilk je implementiran z Java strukturo `HashMap`, ki preslika ključ (značilko) v vrednost (število značilk v kupčku).
  - `updateScores()` - Ob izbiri karte iz ponujene trojice (proces izbiranja kupčka v igri) ta metoda oceni posamezno izbiro. Prešteje količino značilk vsake karte v trojici in dodeli največ točk tisti, v kateri se posamezen kupček ujema v največ značilkah. Več podrobnosti o procesu izbiranja z uspešnimi kupčki je na voljo v podpoglavju 3.4. Ta metoda implementira zgoraj opisani algoritem in ustrezno posodobi kumulativne vektorje glede na karte, ki jih izberemo.
- **Cards** - Ta razred implementira interno strukturo za shranjevanje kart za lažji dostop in referenco iz drugih razredov. Implementira tudi nekaj pomožnih metod za iskanje kart ter je odgovoren za določevanje značilk posameznim kartam.
  - `getCardReference()` - Pomožna metoda, ki sprejme niz kot parameter in vrne referenco na objekt karte. Metoda je večinoma uporabljena pri ročni simulaciji, ko uporabnik vnaša trojice kart, ker

mora algoritem poiskati dejanski objekt karte, ki se naloži pri zagonu programa, in zatem izluščiti vse potrebne attribute. Metoda implementira tudi Levenshteinovo razdaljo, ker lahko pri ročnem vnosu ali podatkih pride do človeške napake.

- `evaluateAttributes()` - Metoda, ki vsaki karti ob inicializaciji dodeli vse značilke (tako navadne kot sinergistične).
- **ArenaPicker** - Razred je odgovoren za združevanje vseh ostalih elementov algoritma in je namenjen tako inicializaciji kot izbiranju kart med procesom sestavljanja kupčka.
  - `startArena()` - Metoda, ki je namenjena začetni inicializaciji glede na vnešene parametre uporabnika (načina izbiranja, razreda, način simulacije). Metoda tudi poišče referenco na posamezno karto in jo shrani v simulator.
  - `evaluateSynergies()` - Ta metoda je namenjena štetju sinergističnih značilk in s koliko značilkami se posamezna karta ujema. Za vsako karto v trojici pregleda, če v kupčku obstaja karta, ki ima značilko, ki se ujema s sinergističnimi značilkami in to prišteje v lokalno tabelo, ki se nato normalizira in uteži.
  - `getTierListRankings()` - Ta metoda je namenjena ocenjevanju moči posamezne karte. Na lokalnem pomnilniku imamo shranjenih devet datotek (eno za vsak razred), kjer so našteje vse možne karte s pripadajočimi ocenami moči. Metoda prebere datoteko in poišče ustrezno oceno za vsako kart v trojici in jo vrne kot tabelo.
  - `chooseCard()` - Glavna metoda, ki opravi del izbiranja karte. Glede na izbran način izbiranja kart (algoritem, moči, naključno) ustrezno izvede procese in metode, ki vrnejo ustrezni rezultat. Ta metoda kliče in združi vse dele, ki služijo za ocenjevanje trojic (metoda z najboljšimi kupčki, metoda po moči ter metoda sinergističnih značilk) in izvede končno uteževanje in izbere karto. Nato sporoči svojo izbero drugim podmetodam, ki ustrezno prilagodijo

svoje parametre ter posodobi naš trenutni kupček kart (torej, ko izberemo prvo karto, doda prvo karto v kupček).



## Poglavje 6

# Primerjava delovanja in pomanjkljivosti

### 6.1 Osebni algoritem

Algoritem se osredotoča na izbiro kart glede na tri glavne aspekte, posamezno močjo karte, sinergistične vrednosti ter potreba po določenem tipu karte. To pomeni, da bo algoritem predal prednost tistim kartam, ki so v ostalih kupčkah uspešne. Ker izbiranje temelji glede na kupčke, ki jih imamo v naši bazi uspešnih kupčkov, so posamezne izbire zelo odvisne od trenutnega stanja igre, ki prevladuje. To pomeni, da če imamo v bazi večinoma takšne kupčke, ki imajo npr. veliko pošasti, bo algoritem predlagal izmed trojice izbiro pošasti, čeprav bi se v specifični situaciji lahko izkazalo, da gradimo kupček, ki temelji na urokih. Kupčkov, ki odstopajo od “povprečne” strategije je načeloma malo, vendar algoritem ne zna oceniti za kakšen tipa kupčka gre, oceniti zna le, če sledi ostalim kupčkom, ki jih imamo shranjene v bazi. Čeprav je to dobra strategija, v večini primerov še vedno pri velikem številu permutacij kart v kupčku obstoja majhna verjetnost, da sestavimo takšen kupček, ki ima drugačen način igranja, ki ga pa algoritem ne prepozna. Pomanjkljivost tega algoritma je torej v splošnosti, ker poskuša pokriti čim bolj povprečen primer, ne zna dobro oceniti, če kombinacija ponujenih trojic kart

ne spada v nek splošen kupček.

Druga pomanjkljivost, ki sicer nima velikega vpliva na delovanje algoritma, so značilke, tj. bolj specifično, določevanje navadnih in sinergističnih značilk. Trenutno določevanje značilk temelji na zaznavanju ključnih besed iz opisa učinka posamezne karte, vendar pa to v večini primerov to verjetno ni optimalen pristop. Prvi razlog je ta, da karte nimajo standardiziranega opisa, kar pomeni, da če zaznavamo značilke po ključnih besedah, lahko pride do napačnih uvrščanj. Drugi razlog je ta, da obstaja veliko sinergij, ki niso opisne ter jih moramo zaznavati na podlagi kupčka, ki ga gradimo in ne le na podlagi ostalih značilk. Sinergistične značilke bi lahko predstavili z dvosmernim povezanim grafom, kjer je vsaka karta svoje vozlišče ter vsaka povezava predstavlja sinergijo. To bi omogočilo lažje dodajanje, spreminjanje in dostop do informacije o posameznih kartah in njenih sinergističnih parov. Del grafa bi lahko bil produciran avtomatično, podobno kot algoritem deluje zdaj, del grafa bi bil pa lahko zapisan ročno, v primeru nekaterih bolj kompleksnih sinergij, ki se jih ne da analizirati računalniško. Zaradi podatkovne strukture bi tako lahko le naštevati katera vozlišča so med seboj povezana in bi bilo dodajanje ter spreminjanje povsem dinamično. Graf bi nudil tudi dobro podlago za vizualizacijo ter omogočil analizo najbolj sinergističnih kart, kar bi bil lahko dodaten aspekt pri izbiranju kupčka kart.

## 6.2 Naključna izbira

Naključno izbiranje sicer samo po sebi nima strateške vrednosti, ker vedno izberemo naključno karto, kar pomeni, da na nobeni točki ni zagotovljeno, da izbiramo karte, ki so primerne za naš kupček, vendar lahko služi kot dobro orodje za ocenjevanje zmožnosti igralca. To pomeni, da ko merimo rezultate posameznih iger lahko odstranimo del aspekta sestavljanja kupčka in se osredotočimo le na zmožnost igralca.



## 6.3 Osebna izbira

Osebna izbira kart temelji na izkušnjah posameznega igralca ter njegovih preferencah razredov/kart. V igri obstaja več različnih načinov igranja, zato je težko utemeljiti, da je subjektivna izbira slabša kot izbiranje z algoritmi. Za primerjavo končnih rezultatov smo v analizo vključili tudi sestavljanje kupčka z osebno izbiro kart. Sklepamo, da lahko v primerjavi s tem odkrijemo nove povezave in strategije v sestavljanju kupčkov in jih nato implementiramo v algoritem.

## 6.4 Ostali javno dostopni algoritmi

Izpostavili bi algoritem *HearthArena*,<sup>7</sup> ki prejme največje število obiskovalcev na mesec ter služi kot pomoč pri izbiranju kupčkov v formatu *Arena*. Končna aplikacija se zažene lokalno na uporabnikovi napravi in samostojno zaznava, beleži in predlaga katero karto izmed trojice izbrati neposredno v klientu igre *Hearthstone*. Zaradi lahke uporabe ter sofisticiranega algoritma je odličen primer za analizo, saj deluje na svoj, popolnoma unikaten način. Glavni del algoritma temelji na seznamu moči posamezne karte, kjer ima vsaka karta več vrednosti glede na ostale aspekte kupčka.

Algoritem *HearthArena* beleži povprečno število mane kart, ki jih imamo in poskusi uravnotežiti moč posamezne karte s tem, kar kupček potrebuje glede na prej omenjene vrednosti. Uporabniku so dostopne le končne vrednosti, zato je težko oceniti, kakšne so vmesne ocene, vendar na splošno poskuša algoritem uravnotežiti moč posamezne karte s tem koliko jo naš kupček potrebuje. To pomeni, da če imamo kupček, ki vsebuje le dve pošasti za dve mani in imamo na voljo slabo pošast za dve mani vključno z dvema pošastima za štiri mane, bo predal večino dodatnih točk pošasti, ki ima dve mani, vendar bo še vedno poskušal uravnotežiti močnejše karte in jih vnesti v izračun. Za primerjavo uspešnosti smo v končnih rezultatih vključili tudi nekaj iger z algoritmom strani *HearthArena*.



# Poglavje 7

## Rezultati

### 7.1 Ocena kupčkov s pomočjo strojnega učenja

Ocenjevanje algoritma se je izkazalo za težavno nalogo, ker vsebuje igra preveč variance in različnih kombinacij, ki vplivajo na končni rezultat. Ocenjevanje je tudi težje zaradi pomanjkanja podatkov, zato smo za oceno uporabili nekaj različnih metod, ki ocenijo uspešnost algoritma oz. kupčkov, ki jih algoritem izbere.

Prva ideja je bila ta, da poskusimo kupčke označiti kot uspešne ali neuspešne, torej, če je posamezen kupček dovolj dober, da doseže veliko število zmag. To pomeni, da imamo dve skupini, ki splošno opišeta kupček kot slab ali dober. Prva težava nastane, da so med podatki le uspešni kupčki, ne pa tudi neuspešni. Kot neuspešne kupčke smo izbrali naključne pod predpostavko, da so naključni tudi neuspešni.

Naši atributi pri učenju so značilke, ki so uporabljene neposredno v algoritmu. Vsak kupček tako predstavimo z vektorjem, ki predstavlja skupno število posamezne karte v kupčku. To pomeni, da značilka “minion” z vrednostjo 25 predstavlja kupček s 25-imi pošasti.

V končni podatkovni množici je bilo tako zbranih nekaj uspešnih in nekaj neuspešnih kupčkov (neuspešni so v tem primeru naključni). Za strojno učenje smo uporabili programski paket Orange.<sup>8</sup> V paketu Orange smo ustva-

rili nekaj različnih modelov (klasifikacijsko drevo, k najbližjih sosedov, naivni Bayes, naključni gozd, SVM) za primerjavo. Podatke smo razdelili na 50% učno, 25% validacijsko ter 25% testno množico.

V procesu učenja smo poskusili tuki nekaj drugačnih pristopov, ki so se izkazali za enako neuspešne, zato smo se odločili dokumentirati le tisto, ki je prinesla največ ugotovitev. Preizkušene metode vsebujejo nastavljanje različnih mer za sestavljanje modelov (Gini, Information Gain, Evklidska razdalja, Hamingtonova razdalja, ...), normaliziranja podatkov ter poskus učenja modelov s križno validacijo.

Rezultati na testnih množicah so prikazani v tabeli 7.1. Število kupčkov v testnih množicah je 38.

Metoda	Klasifikacijska točnost	Natančnost	Priklic	Std. napaka
Klasifikacijsko drevo	87,1%	0,87	0,87	5,4%
Naivni Bayes	93,6%	0,94	0,94	4,0%
Naključni gozd	90,3%	0,91	0,91	4,8%
SVM	94,8%	0,94	0,95	3,6%
kNN	91,7%	0,92	0,92	4,5%

Tabela 7.1: Rezultati modelov ob učenju na naključnih (neuspešnih) ter uspešnih kupčkih

Trenutno preverjanje veljalo samo za slabe kupčke, ki smo jih generirali naključno. Naključni kupčki niso dejanski slabi kupčki, ki jih izberejo igralci. Zato smo za preizkus vpeljali še nekaj dejanskih slabih kupčkov ter nekaj dejanskih dobrih kupčkov (takšnih, ki so dosegli veliko ali majhno število zmag iz osebnih iger) in že prej natrenirani modeli so te kupčke ocenili tako, kot so prikazani na tabeli 7.2. Število kupčkov, ki je bilo testiranih v tem primeru je 12.

Tu se izkaže, da so se modeli odrezali približno enako dobro. Standardna napaka je pri vseh relativno velika, vendar se vsa povprečja gibljejo okoli 50%, kar pomeni, da metode niso preveč uspešne pri ločevanju med dejanskimi

Metoda	Klasifikacijska točnost	Natančnost	Priklic	Std. napaka
Klasifikacijsko drevo	66,7%	0,80	0,67	13,6%
Naivni Bayes	41,7%	0,23	0,42	14,2%
Naključni gozd	41,7%	0,23	0,42	14,2%
SVM	50,0%	0,25	0,50	14,4%
kNN	50,0%	0,25	0,50	14,5%

Tabela 7.2: Rezultati istega modela, tokrat na dejanskih uspešnih in neuspešnih kupčkih (niso bili generirani naključno, vendar pridobljeni iz iger)

uspešnimi in neuspešnimi kupčki. Kljub temu smo na modelih preizkusili še kupčke, ki jih je izbral osebni algoritem in nov nabor naključnih kupčkov.

Za končni preizkus našega algoritma smo generirali 150 novih Aren in prepustili izbiranje osebnemu algoritmu (v tem primeru so vsi bili označeni kot uspešni). Rezultati so prikazani v tabeli 7.3.

Metoda	Klasifikacijska točnost	Std. napaka
Klasifikacijsko drevo	9,1%	2,3%
Naivni Bayes	15,5%	3,0%
Naključni gozd	14,2%	2,9%
SVM	7,1%	2,1%
kNN	16,1%	3,0%

Tabela 7.3: Rezultati istega modela, tokrat na novem kupčku podatkov, ki so bili izbrani z osebnim algoritmom

Za primerjavo smo ocenjevanje ponovili na 150 naključnih kupčkih (kjer so bili vsi označeni kot uspešni). Rezultati so prikazani v tabeli 7.4.

V tabeli 7.3 gre za kupčke, ki jih je izbral naš algoritem ter v tabeli 7.4 gre za kupčke, ki so bili izbrani naključno. Razrede smo nastavili na enako vrednost zaradi lažjega primerjanja rezultatov dveh različnih metod izbiranja kupčkov. Iz tega je nato razvidna podobnost teh dveh metod.

Metoda	Klasifikacijska točnost	Std. napaka
Klasifikacijsko drevo	9,0%	2,3%
Naivni Bayes	3,2%	1,4%
Naključni gozd	4,5%	1,7%
SVM	0,0%	0,0%
kNN	3,9%	1,5%

Tabela 7.4: Rezultati istega modela, tokrat na novih kupčku popolnoma naključne izbire

Ko primerjamo podatke o točnosti popolnoma naključnih kupčkov in podatke o točnosti kupčkov, ki jih je izbral osebni algoritem, bistvene razlike ne opazimo. Majhna razlika je vidna pri nekaterih modelih, ki so v povprečju kupčke, ki jih izbral osebni algoritem klasificirali bolj uspešno. To bi lahko kazalo, da so kupčki, izbrani z osebnim algoritmom, v povprečju bolj uspešni. To šibko potrdi tudi dejstvo, da je število kupčkov iz obeh metod izbiranja približno enako, tako kot to, da so standardne napake približno enake. V povprečju je interval kupčkov, kjer so lahko klasificirani kot uspešni, večji pri izbiri z osebnim algoritmom, kot pa pri kupčkih, ki so izbrani naključno.

Rezultati tega načina preverjanja kupčkov privedejo do zaključkov, da naključnih kupčkov ne moremo uvrstiti v isto skupino kot slabih. Slabi in naključni kupčki se razlikujejo v veliko elementih, najbolj očitna je ta, da so značilke pri kupčkih, ki jih je izbral igralec (tako dobrih in slabi), bistveno različne.

Primer tega je značilka “minion”, ki se pri naključnih kupčkih pojavi v ekstremih (ali premalo, ali preveč), medtem ko je pri kupčkih, ki jih je izbral igralec razmeroma konstantna (okoli 20). Druga značilka, ki je precej vplivna, je “weaponbuff”, ki označuje karto, ki je namenjena povečevanju napadalnih ali življenjskih točk orožij. V igri imajo le trije razredi orožja, kar pomeni, da so te karte v večini primerov neuporabne, ker nimajo nikakršnega dodatnega vpliva. Naključna izbira tako takšne karte izbere, ker se ne ozira na ostale

karte v kupčku, medtem ko igralec to upošteva.

## 7.2 Ocena kupčkov z LDA

Postopek ocenjevanja z uporabo strojnega učenja je zelo prilagodljiva ideja, vendar je glavna težava, da imamo le dva razreda, ki sta razdeljena le na uspešne in neuspešne kupčke. Z uporabo linearne diskriminantne analize lahko tako zopet razdelimo obe skupini v  $n$ -dimenzijskem koordinatnem sistemu in učne primere uporabimo za izračun povprečja vsake izmed skupin (uspešnih in neuspešnih kupčkov). Ob pregledu novega, testnega, primera nato izračunamo kateremu povprečju je bližji in glede na razdaljo ocenimo predvideno število zmag. V primeru, da želimo zopet predvideti, če je kupček uspešen ali neuspešen, lahko preverimo kateremu izmed povprečij je bližje.

Za učenje smo uporabili 150 uspešnih kupčkov ter 150 neuspešnih. Ker podatkov o neuspešnih kupčkih ni bilo, smo zopet predpostavili, da so naključni kupčki bližje neuspešnim, kot pa uspešnim. 70% naključnih je bilo izbranih za učno množico, 30% pa za testno.

Rezultati te metode so prikazani v tabeli 7.5.

% pravilno uspešnih	% pravilno neuspešnih	% pravilno skupnih
85,5%	23.1%	53,9%

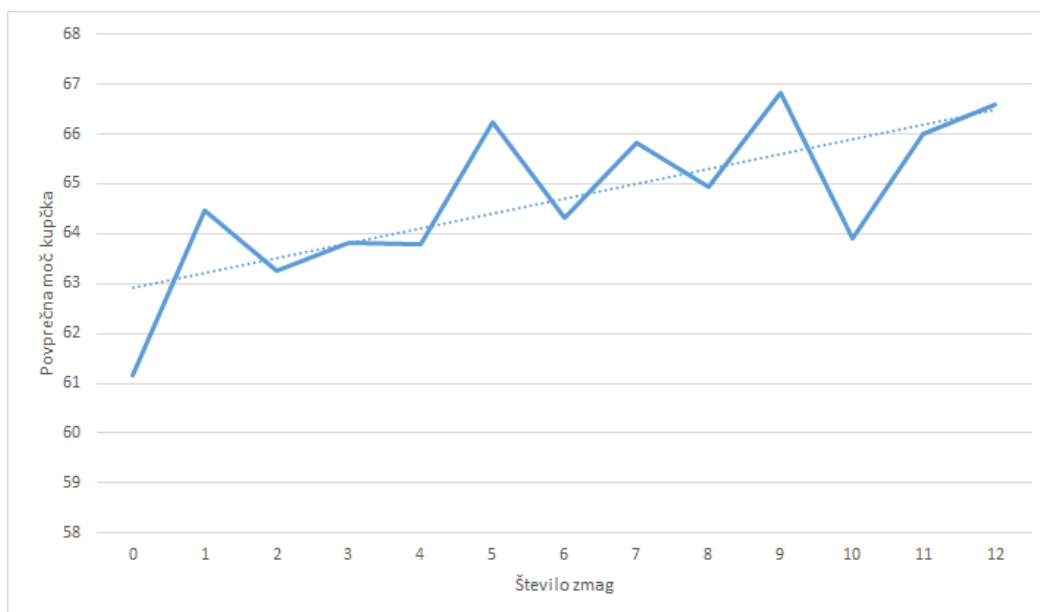
Tabela 7.5: Rezultati z uporabo metodo Evklidske razdalje

Ta postopek večino kupčkov zazna kot uspešne, kar pomeni, da je večina kupčkov iz testne množice bližje uspešnim kupčkom. Ta postopek na žalost odpove ob primerjanju skupnih pravilno napovedanih in sicer le kanček nad 50%, kar pomeni, da deluje približno enako dobro kot slepo ugibanje. Zaradi nekonsistentnih rezultatov smo zato poskus ocenjevanja s to metodo opustili.

### 7.3 Ocena kupčkov s povprečjem posamezne moči karte

V algoritmu uporabljamo metriko posamezne moči karte (Poglavje 3.6), ki je osnovana na frekvenci pojavitve. To število je nato uteženo glede na relativno pogostost karte in tako dobimo našo končno vrednost. V algoritmu je to le en del ocene, vendar nas je zanimalo, če je lahko ta del ocene uporabljen za predikcijo uspešnosti kupčka.

Zbrali smo 80 kupčkov z različnimi uspešnostmi (od 0 do 12 zmag) in prikazali njihove povprečne moči posameznih kart v sorazmerju z uspešnostmi na sliki 7.2. Vsak kupček kart vsebuje trideset kart, kjer ima vsaka karta določeno svojo moč. Te moči so dostopne na javnih seznamih in osnovijo na podlagi frekvence pojavitve v uspešnih kupčkih.



Slika 7.1: Povprečna moč kupčka glede na število doseženih zmag

Iz grafa je razvidno, da povprečna moč kupčka po metriki moči posameznih kart raste s številom zmag. Zaradi omejenega števila podatkov (le osemdeset kupčkov) so nekatere točke nereprezentativne (0, 1, 9, 10, 11, 12),

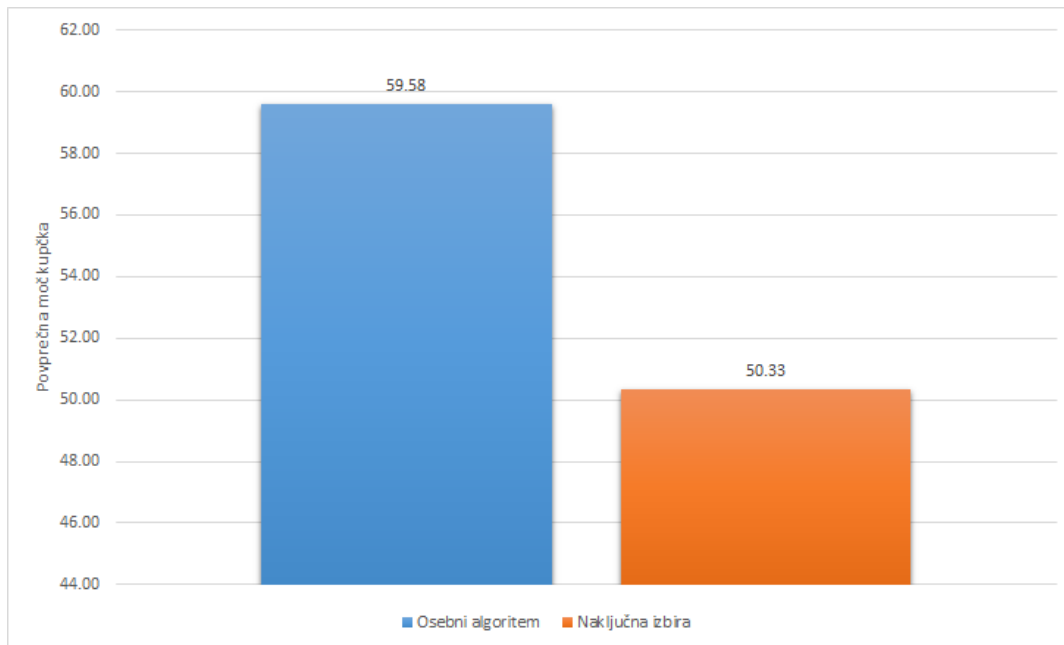


ker so v njih zbrane le dve do tri igre, vendar je sorazmerna rast opazna med najnižjimi in najvišjimi točkami.

Izračunali smo tudi Pearsonov koeficient korelacije, ki je bil  $r_p = 0.7201$  s pripadajočo  $p$  vrednostjo 0,0096. To korelacijo smo izračunali s pomočjo programskega orodja R.<sup>9</sup> Dodatno smo poskusili tudi s Spearmanovim koeficientom korelacije, ki je bil  $r_s = 0,7032$  s pripadajočo  $p$  vrednostjo 0,0055. Oba testa potrdita, da obstaja srednje močna korelacija med povprečno močjo kupčka ter številom zmag, ki jih je kupček dosegel.

Ta korelacija nam omogoča, da uporabimo enako metriko za oceno uspešnosti osebnega algoritma. Z uporabo naključne simulacije, ki smo jo spisali v razredu `ArenaSimulator()` smo simulirali izbiro 165 kupčkov z naključnimi razredi. To pomeni, da smo enakomerno za vsak razred (oz. heroja) simulirali 165 izbir z algoritmom ter 165 izbir popolnoma naključno. Skupno je bilo tako izbranih 5000 kart za vsako izmed metod simulacije.

Po simulaciji 165 kupčkov z obema metodama smo nato ocenili njihovo povprečno moč.



Slika 7.2: Povprečne moči kupčkov z uporabo algoritma ter naključno izbiro

Kupčki, izbrani z algoritmom, imajo povprečno moč 59,58, medtem, ko imajo naključno izbrani povprečno moč 50,33. Zaradi prej opisane korelacije to pomeni, da v povprečju algoritem izbira boljše, kot če bi kupčke izbirali naključno.

## 7.4 Primerjava rezultatov dejanskih iger

Poleg poskusa dokazovanja rezultatov z različnimi metodami, se nam je zdela kvantitativna analiza, kjer igralci dejansko igrajo igro primerna za primerjavo različnih metod izbiranja kart. V tej primerjavi je vključen osebni algoritem, osebna (subjektivna) izbira posameznika, naključna izbira ter ostali javno dostopni algoritmi. Številke predstavljajo povprečno število zmag, ki jih je dosegel igralec z uporabo različnih metod.

Iz zgornjih rezultatov lahko razberemo, da se je najslabše odrezala naključna izbira z le 2,2 povprečnimi zmagami na areno, kar je blizu globalnega

Metoda	Povp. št. zmag	Std. odklon	Št. iger	Std. napaka
Osebni Algoritem	6,4	3,1	10	0,98
Subjektivna izbira	4,4	2,4	20	0,54
Naključna izbira	2,2	1,5	12	0,43
Algoritem HearthArena	4,8	2,4	72	0,29

Tabela 7.6: Tabela, ki prikazuje povprečno število zmag ter standardni odklon v formatu Arena

povprečja 3. Najboljše se je odrezal osebni algoritem s 6,4 zmagami, vendar je visoko število zmag posledica variance zaradi le desetih odigranih aren. Najbolj konsistenten rezultat prikazuje izbiranje s pomočjo javnega algoritma HearthArena in sicer 4,83 zmage na povprečno igro Arene. Osebna (subjektivna izbira) se odraža s 4,5 zmagami, kar je z rezultati zelo blizu izbiri algoritma HearthArena. Povprečje vsekakor kažejo, da izbira z algoritmom deluje vsaj enako uspešno kot osebna izbira in veliko bolje od naključne izbire, ki ima število zmag okoli povprečne zmage.

Če ob interpretaciji rezultatov pričnemo upoštevati še odklon vključno s povprečjem in napako postanejo rezultati bolj transparentni, saj se izkaže, da je zaradi majhnega nabora podatkov odklon pri nekaterih metodah izbire kart relativno veliko glede na ostale. To pomeni, da so te metode manj statistično zanesljive in iz njih ne moremo razbrati konkretnega zaključka, če uspešnost ocenjujemo zgolj glede na podlagi osebno odigranih iger. Osebni algoritem se izkaže kot zelo variabilen, ker največji delež iger pade na interval 3,3 do 9,5. V primerjavi z algoritmom Heartharena, ki ima interval izmed 2,4 do 7,2, se izkaže dejansko povprečje za vprašljivo in je zaradi majhnega nabora podatkov težko izpeljati konkreten rezultat. Najbolj konsistentno se izkaže naključna izbira, ki ima interval izmed 0,7 ter 3,7. Odklon tako kot tudi povprečje je relativno majhno, kar pomeni, da se vse ostale metode izbire izkažejo za statistično bolj uspešne.



## Poglavje 8

### Zaključek

Izbiranje uspešnega kupčka se je izkazalo kot zanimiv problem, ki ima veliko odprtih pristopov. Algoritmu in izbiranju bi lahko nenehno dodajali nove zmožnosti in bi upoštevali drugačne parametre, kot so frekvenca različnih herojev, upoštevanje subjektivnih značilk itd. Kot vsaka igra s kartami je možnih kombinacij ogromno in ocenjevanje uspešnosti različnih postopkov je težka naloga, ker bi za to potrebovali veliko podatkov. Poskus ustvarjanja algoritma, ki lahko stori podobno nalogo brez uporabe podatkov iz iger ali simulacije, se je izkazal za uspešnega v smislu, da lahko izkušenim igralcem poda drugo mnenje glede posamezne izbire karte, medtem ko lahko manj izkušenim že svetuje, katera izmed kart je v dani situaciji dobra. Obstaja veliko različnih iger, ki imajo podoben format izbiranja kupčkov in kjer se igralci nato pomerijo med sabo. Splošno lahko takšen hevrističen postopek ali njegov del (značilke, sinergistične značilke ali moč) služi tudi kot rešitev podobnih problemov, kjer želimo k množici že izbranih elementov dodati nov, čim boljši element.



# Literatura

- [1] Seznam moči kart strani heartharena. <http://thelightforge.com/TierList>. Dostopano: 2016-8-12.
- [2] Seznam moči kart strani lightforge. <http://www.heartharena.com/tierlist>. Dostopano: 2016-8-12.
- [3] Spletna podatkovna baza uspešnih setov kart. <http://www.hearthpwn.com/decks>. Dostopano: 2016-9-12.
- [4] Java knjižnica htmlparser. <http://htmlparser.sourceforge.net/>. Dostopano: 2016-9-12.
- [5] Aplikacija za beleženje hearthstone iger. <https://hsdecktracker.net/>. Dostopano: 2016-9-12.
- [6] Aplikacija za prepoznavanje teksta iz fotografije. <http://www.paperfile.net/>. Dostopano: 2016-9-12.
- [7] Algoritem heartharena. <http://www.heartharena.com/>. Dostopano: 2016-9-12.
- [8] Programski paket orange za strojno učenje in podatkovno rudarjenje. <http://orange.biolab.si/>. Dostopano: 2016-13-12.
- [9] Programsko orodje r. <https://www.r-project.org/>. Dostopano: 2016-29-12.

- [10] Colin D Ward and Peter I Cowling. Monte carlo search applied to card selection in magic: The gathering. In *Computational Intelligence and Games, 2009. CIG 2009. IEEE Symposium on*, pages 9–16. IEEE, 2009.
- [11] Robert A Bosch. Optimal card-collecting strategies for magic: The gathering. *College Mathematics Journal*, 31(1):15–21, 2000.
- [12] Spletna stran igre. <http://us.battle.net/hearthstone/en/>. Dostopano: 2016-4-11.
- [13] Zbirka orodij za umetno inteligenco igre hearthstone. <http://hs-ai.com>. Dostopano: 2016-4-11.